WERKSTATT-TABELLE

DFV

Kupferdrähte

ABMESSUNGEN
UND EIGENSCHAFTEN

DEUTSCHER FUNK-VERLAG GMBH BERLIN-TREPTOW

1	2	3						4	5						
Ø blank	Querchnitt blank mm²	Durchmesser isoliert mm L	LS	S	SS	B	BB	Widerst. pro Länge Ω/m	Gewicht pro Länge g/m blank	L	LS	S	SS	B	BB
0,03	0,000706	0,042	0,082	0,067	0,102			25,09	0,0063	0,0064	0,0066	0,0065	0,0103		
0,04	0,001256	0,052	0,093	0,078	0,113			14,08	0,0118	0,0131	0,0156	0,0142	0,0166		
0,05	0,00196	0,062	0,103	0,088	0,123			9,09	0,0175	0,0191	0,0221	0,0205	0,0233		
0,06	0,00283	0,075	0,117	0,097	0,132			6,32	0,0252	0,0271	0,0307	0,0288	0,0321		
0,07	0,0038	0,085	0,127	0,107	0,142			4,66	0,0345	0,037	0,0410	0,0385	0,0423		
0,08	0,005	0,095	0,137	0,117	0,152			3,56	0,0450	0,049	0,0537	0,0497	0,0541		
0,09	0,0064	0,105	0,148	0,128	0,163			2,74	0,0571	0,061	0,0668	0,0627	0,0676		
0,10	0,0078	0,115	0,158	0,138	0,173	0,203	0,263	2,25	0,0701	0,074	0,0801	0,0762	0,0817	0.0928	
0,11	0,0095	0,13	0,173	0,148	0,183	0,213	0,273	1,87	0,085	0,089	0,0950	0,091	0,098	0.108	
0,12	0,0113	0,14	0,184	0,159	0,194	0,224	0,284	1,56	0,099	0,105	0,1140	0,108	0,115	0.123	
0,13	0,0133	0,15	0,194	0,169	0,204	0,234	0,294	1,35	0,117	0,121	0,1280	0,124	0,131	0.141	
0,14	0,0154	0,16	0,204	0,179	0,214	0,244	0,304	1,13	0,137	0,143	0,1520	0,146	0,154	0.167	
0,15	0,0177	0,17	0,215	0,190	0,225	0,255	0,315	0,997	0,158	0,164	0,1730	0,167	0,176	0.187	
0,16	0,0201	0,18	0,225	0,20	0,235	0,265	0,325	0,863	0,179	0,186	0,196	0,189	0,198	0.208	
0,17	0,0227	0,19	0,235	0,21	0,245	0,275	0,335	0,761	0,201	0,211	0,223	0,213	0,221	0.232	
0,18	0,0254	0,20	0,245	0,22	0,255	0,285	0,345	0,691	0,226	0,235	0,248	0,238	0,248	0.261	
0,19	0,0284	0,21	0,256	0,23	0,265	0,296	0,356	0,612	0,252	0,261	0,273	0,264	0,275	0.288	
0,20	0,0314	0,22	0,266	0,24	0,275	0,306	0,366	0,562	0,281	0,289	0,301	0,293	0,305	0.318	0.354
0,21	0,0346	0,235	0,285	0,255	0,285	0,315	0,375	0,497	0,309	0,319	0,333	0,323	0,335	0.349	0.385
0,22	0,0380	0,245	0,295	0,265	0,295	0,325	0,385	0,464	0,339	0,350	0,365	0,354	0,366	0.381	0.418
0,23	0,0415	0,255	0,305	0,275	0,305	0,335	0,395	0,428	0,364	0,380	0,400	0,384	0,394	0.407	0.45
0,24	0,0452	0,265	0,315	0,285	0,315	0,345	0,405	0,394	0,391	0,410	0,433	0,414	0,426	0.44	0.484
0,25	0,0491	0,275	0,325	0,295	0,325	0,355	0,415	0,360	0,438	0,443	0,463	0,458	0,471	0.485	0.526
0,26	0,0531	0,285	0,337	0,307	0,337	0,367	0,427	0,336	0,456	0,480	0,509	0,485	0,500	0.514	0.565
0,27	0,0572	0,295	0,347	0,317	0,347	0,377	0,437	0,311	0,494	0,520	0,551	0,525	0,541	0.557	0.604
0,28	0,0616	0,305	0,357	0,327	0,357	0,387	0,447	0,287	0,533	0,560	0,592	0,565	0,582	0.599	0.647
0,29	0,0660	0,315	0,367	0,337	0,367	0,397	0,457	0,267	0,576	0,600	0,629	0,605	0,623	0.641	0.69
0,30	0,0707	0,325	0,377	0,347	0,377	0,407	0,467	0,250	0,629	0,645	0,666	0,650	0,669	0.691	0.738
0,31	0,0754	0,34	0,394	0,357	0,387	0,437	0,517	0,233	0,666	0,69	0,719	0,695	0,704	0.726	0.781
0,32	0,0804	0,35	0,404	0,367	0,397	0,447	0,527	0,218	0,714	0,74	0,771	0,745	0,764	0.787	0.831
0,33	0,0854	0,36	0,414	0,377	0,407	0,457	0,537	0,206	0,761	0,785	0,814	0,79	0,808	0.831	0.878
0,34	0,0908	0,37	0,424	0,387	0,417	0,467	0,547	0,194	0,812	0,835	0,862	0,839	0,856	0.88	0.926
0,35	0,0962	0,38	0,434	0,397	0,427	0,477	0,557	0,184	0,856	0,883	0,914	0,887	0,904	0.928	0.986
0,36	0,1080	0,39	0,444	0,407	0,437	0,487	0,567	0,174	0,909	0,931	0,956	0,934	0,948	0.914	1.04
0,37	0,1138	0,40	0,454	0,417	0,447	0,497	0,577	0,164	0,961	0,985	1,012	0,988	0,998	1.03	1.09
0,38	0,1166	0,41	0,464	0,427	0,457	0,507	0,587	0,156	1,01	1,04	1,09	1,06	1,066	1.09	1.15
0,39	0,1198	0,42	0,474	0,437	0,467	0,517	0,597	0,148	1,07	1,09	1,12	1,10	1,12	1.15	1.21
0,40	0,1257	0,43	0,484	0,447	0,477	0,527	0,607	0,141	1,12	1,15	1,19	1,16	1,17	1.20	1.27
0,42	0,1382	0,45	0,511	0,469	0,499	0,549	0,629	0,127	1,25	1,26	1,28	1,27	1,28	1.31	1.39
0,45	0,159	0,48	0,541	0,499	0,529	0,579	0,659	0,112	1,44	1,45	1,47	1,46	1,47	1.50	1.58
0,48	0,181	0,51	0,571	0,529	0,559	0,609	0,689	0,0973	1,63	1,66	1,70	1,67	1,68	1.71	1.80
0,50	0,196	0,535	0,591	0,549	0,579	0,629	0,709	0,0901	1,76	1,80	1,85	1,81	1,82	1.85	1.94
0,55	0,238	0,59	0,649	0,599	0,639	0,679	0,779	0,0743	2,14	2,18	2,23	2,19	2,20	2.23	2.33
0,60	0,283	0,64	0,699	0,649	0,689	0,729	0,829	0,0625	2,55	2,59	2,64	2,60	2,61	2.64	2.75
0,65	0,332	0,69	0,749	0,699	0,739	0,779	0,879	0,0530	2,93	2,98	3,05	3,00	3,02	3.11	3.23
0,70	0,385	0,74	0,799	0,749	0,789	0,829	0,929	0,0459	3,41	3,45	3,51	3,47	3,50	3.57	3.68
0,75	0,442	0,79	0,862	0,802	0,842	0,882	0,982	0,0399	3,88	3,96	4,06	3,98	4,05	4.15	4.26
0,80	0,504	0,84	0,912	0,852	0,892	0,932	1,032	0,0351	4,47	4,51	4,58	4,54	4,58	4.65	4.77
0,85	0,568	0,89	0,962	0,902	0,942	0,982	1,082	0,0311	5,05	5,12	5,25	5,15	5,21	5.27	5.42
0,90	0,636	0,94	1,012	0,952	0,992	1,032	1,132	0,0278	5,66	5,70	5,79	5,75	5,80	5.85	6.00
0,95	0,709	1,0	1,062	1,00	1,042	1,082	1,182	0,0249	6,34	6,39	6,50	6,45	6,52	6.59	6.78
1,00	0,785	1,05	1,112	1,05	1,092	1,132	1,232	0,0225	6,99	7,03	7,14	7,10	7,17	7.25	7.40
1,1	0,950	1,16		1,16	1,20	1,22	1,32	0,0186	8,46	8,50		8,57	8,66	8.75	8.85
1,2	1,131	1,26		1,26	1,30	1,32	1,42	0,0156	10,6	10,10		10,20	10,31	10.40	10.58
1,3	1,327	1,36		1,36	1,40	1,42	1,52	0,0133	11,82	11,87		11,99	12,10	12.20	12.40
1,4	1,539	1,46		1,46	1,50	1,52	1,62	0,0115	13,71	13,76		13,88	14,00	14.12	14.30
1,5	1,767	1,56		1,56	1,60	1,62	1,72	0,0100	15,76	15,82		15,94	16,08	16.22	16.45
1,6	2,010	1,66				1,75	1,86	0,0088	18,18	18,20		18,38	18,52	18.68	18.85
1,7	2,27	1,76				1,85	1,96	0,0078	20,63	20,70		20,86	21,00	21.20	20.50
1,8	2,55	1,86				1,95	2,06	0,0069	23,22	23,30		23,48	23,64	23.85	24.10
1,9	2,84	1,96				2,05	2,16	0,0062	26,12	26,20		26,38	26,56	26.77	27.00
2,0	3,14	2,07				2,15	2,26	0,0055	29,02	29,10		29,29	29,49	29.70	29.95
2,2	3,80	2,27						0,0046	35,21	35,30		35,50	35,72	35.95	36.20
2,5	4,91	2,57						0,0036	45,51	45,60		45,80	46,05	46.30	46.50
3,0	7,07	3,07						0,0025	65,70	65,80		66,02	66,27	66.45	67.00
3,5	9,62	3,6						0,0018	90,28	90,40		90,66	90,95	100.20	100.50
4,0	12,57	4,15						0,0014	117,50	118,0		118,60	119,20	119.50	120.00

6						7						8				9
Windungen pro cm² Wickelfläche Wdg. / cm²						*Widerstand pro cm³ Wickelraum Ω / cm³*						*Strom bei gegebener Stromdichte (A/mm²) mA*				Ø
L	*LS*	*S*	*SS*	*B*	*BB*	*L*	*LS*	*S*	*SS*	*B*	*BB*	*1 A*	*2,5 A*	*3 A*	*3,5 A*	*blank*
42000	9800	15800	8000			10538	2459	3964	2007			0,7	1,8	2	2,5	0,03
24000	8600	12300	6350			3380	1211	1732	894			1,3	3,1	3,8	4,5	0,04
18000	7200	10000	5300			1640	654	910	482			2	5	6	7	0,05
13000	5680	8200	4600			795	359	517	290			3	7	9	10	0,06
10000	4850	6800	4000			464	226	315	186			4	10	11	14	0,07
8500	4100	5700	3500			291	146	203	125			5	13	15	18	0,08
7000	3630	4900	3100			192	99,5	142	94			6	16	19	22	0,09
5750	3180	4200	2800	2100		130	71,6	96,7	63,7	47.15		8	20	24	28	0,10
4800	2670	3700	2530	1840		91	49,9	75,5	48,2	36.95		9	24	29	33	0,11
4000	2390	3200	2300	1700		63,2	37,3	52,5	36,1	28.15		11	29	34	40	0,12
3500	2130	2800	2100	1570		47	28,8	40,2	27,9	22.30		13	32	39	45	0,13
3100	1930	2550	1900	1450		36,3	21,8	30,7	22,05	17.05		15	37	45	51	0,14
2750	1780	2300	1750	1340		28,3	17,7	24,3	17,4	13.85		17	44	53	61	0,15
2500	1680	2100	1600	1235		22,2	14,5	19,3	14,7	11.2		20	50	60	70	0,16
2250	1500	2000	1470	1170		18,1	11,4	15,5	12,3	9.3		22	56	68	78	0,17
2000	1400	1800	1350	1090		14,6	9,67	12,7	10,1	7.73		25	64	76	89	0,18
1850	1280	1650	1260	1015		11,9	8,84	10,5	8,16	6.38		28	69	85	97	0,19
1700	1200	1500	1180	945	670	9,76	6,74	8,68	6,71	5.34	3.78	31	79	94	110	0,20
1500	1050	1330	1095	880	625	7,86	5,21	7,02	5,41	4.49	3.16	34	87	102	121	0,21
1400	980	1250	1020	840	600	6,58	4,54	5,93	4,61	3.79	2.79	38	96	114	134	0,22
1300	925	1160	950	790	565	6,21	3,96	5,04	4,07	3.32	2.44	41	105	123	146	0,23
1220	870	1090	890	745	535	5,91	3,42	4,30	3,52	2.95	2.12	45	113	135	157	0,24
1140	810	1020	830	700	510	4,15	2,92	3,71	3,04	2.55	1.87	49	121	147	171	0,25
1060	780	950	780	665	485	3,63	2,62	3,20	2,43	2.23	1.65	53	133	159	185	0,26
990	730	890	735	630	465	3,16	2,27	2,74	2,23	1.91	1.44	57	143	171	199	0,27
930	690	840	700	600	445	2,68	1,97	2,39	1,96	1.67	1.29	61	154	184	214	0,28
870	640	790	665	570	428	2,33	1,72	2,12	1,77	1.48	1.14	66	165	198	231	0,29
810	605	740	630	530	410	2,05	1,52	1,87	1,59	1.32	1.043	70	176	212	247	0,30
760	545	700	600	505	385	1,76	1,27	1,66	1,41	1.178	0.920	75	188	225	262	0,31
710	525	665	575	475	360	1,53	1,145	1,48	1,26	1.057	0.820	80	201	241	281	0,32
670	502	630	550	450	340	1,32	1,033	1,30	1,11	0.937	0.725	85	213	255	297	0,33
630	482	600	525	425	320	1,19	0,933	1,17	1,01	0.815	0.643	90	225	270	315	0,34
590	462	570	500	400	300	1,107	0,848	1,054	0,916	0.730	0.564	95	240	285	333	0,35
560	443	540	475	380	287	1,040	0,770	0,965	0,839	0.671	0.498	100	250	300	350	0,36
535	423	515	450	365	276	0,900	0,692	0,873	0,759	0.609	0.450	107	268	321	374	0,37
510	405	490	430	350	266	0,808	0,632	0,792	0,609	0.558	0.410	113	283	340	396	0,38
490	390	470	410	338	258	0,761	0,577	0,710	0,629	0.513	0.365	120	300	360	420	0,39
470	373	450	395	325	250	0,668	0,526	0,642	0,561	0.463	0.328	125	313	377	439	0,40
430	338	416	367	302	232	0,554	0,429	0,531	0,450	0.374	0.273	139	348	417	486	0,42
380	302	372	331	274	211	0,417	0,338	0,400	0,346	0.278	0.199	159	398	477	557	0,45
335	272	325	290	248	193	0,323	0,265	0,324	0,286	0.236	0.179	181	453	543	634	0,48
305	258	300	274	230	180	0,280	0,233	0,275	0,249	0.208	0.1655	196	490	588	686	0,50
252	212	247	230	196	147	0,200	0,158	0,206	0,168	0.138	0.1245	237	593	711	830	0,55
215	180	210	194	170	134	0,137	0,113	0,138	0,1225	0.1085	0.0845	283	708	849	991	0,60
185	157	180	170	151	120	0,106	0,0832	0,104	0,0947	0.0813	0.0653	332	830	996	1162	0,65
160	138	160	148	134	108	0,076	0,0637	0,077	0,0685	0.0622	0.0500	384	962	1152	1346	0,70
143	121	142	132	120	96	0,057	0,0545	0,0586	0,0531	0.0489	0.0387	442	1105	1326	1547	0,75
128	108	125	117	108	86	0,0446	0,0379	0,0458	0,0415	0.0383	0.0312	502	1261	1506	1763	0,80
113	97	112	105	97	79	0,0350	0,0318	0,0354	0,0329	0.0304	0.0249	566	1423	1698	1989	0,85
100	88	100	95	87	73	0,0204	0,0244	0,0287	0,0267	0.0247	0.0206	636	1588	1908	2224	0,90
90	79	90	85	79	67	0,0232	0,0197	0,0236	0,0212	0.0205	0.0171	709	1775	2127	2484	0,95
80	74	80	77	73	62	0,0189	0,0167	0,0192	0,0181	0.0167	0.0142	785	1963	2355	2748	1,00
68		69	64	62	53	0,0130		0,0134	0,0123	0.0119	0.0100	950	2375	2850	3225	1,1
56		58	55	53	46	0,00924		0,00929	0,00869	0.00846	0.0070	1130	2825	3390	3955	1,2
46		48	46	46	41	0,00678		0,00682	0,00643	0.00624	0.0055	1330	3315	3990	4645	1,3
41		41	39	39	36	0,00516		0,00522	0,00486	0.00475	0.0042	1540	3850	4620	5390	1,4
34		35	34	34	32	0,00394		0,00400	0,00374	0.00364	0.0033	1760	4410	5280	6170	1,5
30		30	29	30	28							2010	5025	6030	7035	1,6
27		27	26	27	25							2270	5675	6810	7945	1,7
25		25	23	24	22							2540	6360	7620	8900	1,8
23		23	21	22	20							2840	7090	8520	9930	1,9
20		20	19	20	18							3140	7850	9420	10990	2,0
												3800	9500	11400	13300	2,2
												4910	12275	14730	17185	2,5
												7070	17675	21210	27745	3,0
												9620	24050	28860	33670	3,5
												12570	31425	37710	43995	4,0

ERLÄUTERUNGEN

Die Tabelle vermittelt jedem, der Spulen (z. B. Drosseln oder Transformatoren) herstellen will, wichtige Unterlagen, deren Anwendung in den nachstehenden Hinweisen erläutert ist.
Die einzelnen Werte sind für eine große Anzahl der Drahtdurchmesser durch Erfahrungen gewonnen, Zwischenwerte durch graphische Darstellung ermittelt bzw. errechnet. In den Wertereihen finden sich bei nicht handelsüblicher Isolation der betreffenden Drahtstärke freie Felder.

Spalte 1: Durchmesser blank in mm

Der für die meisten Berechnungen maßgebende Durchmesser des blanken Drahtes ist auf der rechten Seite der Tabelle als Spalte 9 wiederholt, um z. B. durch Auflegen eines Lineals ein sicheres Ablesen aller Tabellenwerte zu erleichtern.

Spalte 2: Querschnitt in mm². Die Werte dieser Spalte sind errechnet.

Spalte 3: Durchmesser isoliert

Die Kurzzeichen am Kopf dieser Spalte bedeuten im einzelnen: L Lackisolation, LS Lack- und Seidenisolation, S Seidenisolation, SS Doppelte Seidenisolation, B Baumwollisolation, BB Doppelte Baumwollisolation.
Unter Seidenisolation ist schlechthin jede Art von Seidenisolation zu verstehen, zumal die Durchmesser der verschiedenen Seidenisolationen sich nur geringfügig unterscheiden. Aus Gründen einer vollständigen Übersicht seien nachstehend die Kurzzeichen der Arten von Seidenisolationen angegeben:

S, SS Naturseide · Kt, KtKt Triacetatseide · Kc, KcKc Kupferseide.

Spalte 4: Widerstand pro Länge (Ω/m)

Die Angaben gelten für den reinen Kupferdurchmesser. Durch Messung der Drahtstärke und des Ohmschen Widerstandes ist hiermit ein Rückschluß auf die Windungszahl möglich. (Beachte das Beispiel in den Erläuterungen zu Spalte 7). Von besonderem Interesse sind die Angaben dieser Spalte z. B. auch bei der Planung und Ausführung von Lautsprecherleitungen und dgl.

Spalte 5: Gewichte pro Länge (g/m)

Nach überschläglicher Berechnung der erforderlichen Drahtlängen kann anhand dieser Angaben durch Abwiegen der Drahtrolle beurteilt werden, ob der vorhandene Drahtvorrat reicht. Das Gewicht der leeren Drahtrolle ist auf dem Etikett unter „Tara“ vermerkt. Im allgemeinen sind die Gewichte leerer Drahtrollen wie folgt anzunehmen:

Rollendurchmesser	*Höhe*	*Gramm*
50	55	50
50	100	80
65	60	80
80	100	100

Spalte 6: Windungen pro cm² Wickelfläche (Wdg/cm²)

In Abhängigkeit von der gewählten Isolation geben die einzelnen Spalten jeweils die pro cm² Wickelfenster unterzubringenden Windungszahlen an. Die Werte gelten für „wilde“ Wicklung unter Beigabe von je einer Zwischenlage nach etwa 40 Volt Lagenspannung. Als Material für Zwischenlagen empfiehlt sich das Isolationspapier von ausgeschlachteten Kondensatoren.
Bei straffer Drahtführung bzw. sauberer Lagenwicklung können bei Drahtstärken bis 0,3 mm Durchmesser etwa 6 % mehr Windungen untergebracht werden. Bei rechteckigen Wickelkörpern mit sehr unterschiedlicher Seitenlänge sind bis etwa 5 % weniger Windungszahlen aufbringbar, da die einzelnen Windungen auf der langen Seite des Wickelkörpers sehr locker liegen.

Spalte 7: Widerstand pro cm³ Wickelraum (Ω/cm³)

Ist die Wicklung z. B. einer Drossel nicht zugänglich, so kann mit den angegebenen Werten — nach Messung des Ohmschen Widerstandes — die Windungszahl der Drossel mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden.
Hierfür ein Beispiel:

Gegeben ist die Görler-Drossel D 21 · Gemessener Widerstand 980 Ω · Gemessener Wickelraum rd. 16,2 cm³
Gemessener Wickelquerschnitt rd. 1,6 cm² · Aus diesen Werten ergeben sich rd. 60,5 Ω pro cm³.

Da der aufgebrachte Draht Lackisolation hat, gibt die Tabelle als Drahtstärke 0,12 mm an, denn der hier angegebene Wert von 63,2 liegt dem errechneten Ergebnis recht nahe. Aus Spalte 6 ersehen wir für 0,12 CuL 4000 Windungen pro cm² Wickelfenster. Für unser Beispiel ergeben sich daraus 6400 Windungen.
Nach Spalte 4 der Tabelle würden sich für die gleiche Drossel folgende Windungszahlen errechnen:

Gemessener Widerstand 980 Ω · Mittlere Windungslänge 10 cm · Widerstand für 1 m 0,12 CuL = 1,56 R.

Hieraus ergibt sich die Drahtlänge zu 627 m. Bei einer mittleren Windungslänge von 10 cm beträgt die Windungszahl 6270 Windungen.
Die herstellungsmäßigen Daten der Drossel D 21 schreiben 6000 Windungen 0,12 CuL vor.
Die nach beiden Methoden gefundenen Ergebnisse sind also hinreichend genau.

Spalte 8: Strom bei gegebener Stromdichte in mA (A/mm²)

Die bei allen Berechnungen interessierenden Belastungswerte bei den üblichen Stromdichten von 2,5 A, 3,0 A und 3,5 A je mm² Querschnitt sind unmittelbar ablesbar. Aus der Spalte 1 A lassen sich leicht alle gewünschten Zwischenwerte bzw. höheren Werte ableiten, wie es manchmal bei Verwendung vorhandener Drahtbestände erforderlich werden kann. Grundsätzlich ist es jedoch nicht empfehlenswert, höhere Stromdichten als 4 A bei innenliegenden Wicklungen und 5 A bei außenliegenden Wicklungen zu verwenden. Hierbei ist schon der betriebsmäßige Spannungsabfall an dem Ohmschen Widerstand der Wicklung zu beachten (Siehe Spalte 4).
Diese Angaben gelten für den Fall des Dauerbetriebes. Bei Magnetspulen mit intermittierendem Betrieb können wesentlich höhere Stromdichten zugelassen werden, da die Spulen in den zur Einschaltdauer langen Betriebspausen genügend abkühlen können. Z. B. sind für Magnetspulen von kurzzeitig betriebenen Schrittschaltwerken oder dgl. Stromdichten bis 20 A je mm² Querschnitt zulässig.

Kenn-Nr. 10923 Preis 0,70 DM. 1. bis 4. Tausend
Deutscher Funk-Verlag GmbH, Berlin-Treptow, Treptower Chaussee 3, vorm. Kiefholzstr. 1-3 · Ruf 67 43 58 · Postscheck Berlin 197 549
Druck: (154) W. Hundt, Berlin N 54 ·